



Title	言語及び非言語情報処理時における α 波の左右差の検討
Author(s)	柏原, 恵龍
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1987, 13, p. 1-22
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/9426
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

言語及び非言語情報処理時における
 α 波の左右差の検討

柏 原 恵 龍

- 1 序 脳波による研究の意義
- 2 α 波による左右差の研究
- 3 左右差の実験的検討
- 4 多変量解析による等電位図のパターン分類
- 5 まとめと展望

言語及び非言語情報処理時における α 波の左右差の検討

1 序 脳波による研究の意義

健常者における左右半球の機能的非対称性の研究は、視野分割による認知率や反応時間、それに両耳分離聴法を中心に実験心理学の基本的な方法を使用してなされてきた。これらは1960年以降分割脳研究に引続いて膨大な研究がなされ、多様な刺激材料を使用して認知機能の左右差の存在を確かめてきた。しかしその差は誤差に近いものであり、安定性に乏しいために、半球優位性の程度の測定を可能にするためには何らかの工夫を加えて信頼性を高める必要がある。その一つの方法として両半球の特徴的な機能あるいは情報処理の様式を同時に使用し、二重に評価することが考えられる。著者はこのために言語と非言語の相反する刺激を使用したり（柏原，1983）、言語刺激と非言語刺激の同時処理（柏原，1986）^aを行わせて検討した結果、その有効性がある程度示唆された。しかし視野分割法は刺激の提示時間を眼球運動の潜時以下に抑えねばならない。従って、注視の信頼性はともかくとしても提示される刺激は知覚水準のものしか扱えず、言語材料では単語水準のものになり、人間の行動に大きな影響を持つ高次な精神活動を扱えない。また行動的研究では何らかの外に現れる反応をさせる必要があるけれども、この反応のさせ方が逆に認知の内容を規定する。両耳分離聴法では、聴覚神経路が両側投射であるために左右の耳へ競合刺激を提示するけれども、この実験方法は手軽であり、比較的安定した結果が得られるのは大きな利点であるが、対にする刺激を作成する上で大きな制約があり、またその質が問題になる。そしてこれらはなによりも推定的な方法であり、脳の直接的な研究ではない。

より直接的な方法として脳波による研究があり、そして時間的な制約が少なく、長くて継続的なより高次な精神機能を対象に出来る方法として周波数領域からの研究があげられる。電極を頭皮上の左右対応する部位に装着し、左あるいは右半球機能に関係すると思われる作業を課して生じる α 波のパワーの左右差を比較する。この方法は脳波測定に対する抵抗感を除くことが出来れば、被験者に実験の意図がわからないので、反応を意識した認知内容の再構成が生じることは少なく、表面に現れる行動に依存しないので、言語反応の出来ない幼児や失語症患者にも使用出来る可能性がある。そして視覚課題と聴覚課題の結果が同じ水準で比較出来る。また反応時間や認知率の実験程多くの試行数を必要としないで、ある限られた

時間に比較的多種類の課題を実施出来る。また反応は実際の脳の変化であり、そして左右差だけでなく前後の部位差もみることが出来る。このように脳波使用には幾つかの利点があるものの、また不利な点もある。まず大きなパワーを示す α 波については幾つかのモデルはあるものの (Andersen & Andersson, 1968) その発生起序がわかっていないこと、 α 波は精神活動によって変化はするが一般的な覚醒水準をみれるにすぎないこと、この場合賦活ではなく抑制であること、また部位によって α 波の出現量が異なり変化量をそのまま精神活動量と対応させることが出来ないこと、また頭蓋の厚さ、抵抗値のパラツキ、部位のくるといなどパワーに影響を及ぼす変動要因が多いこと、電極装着に時間がかかり多量のサンプルを扱えないこと、などがあげられる。

2 α 波による左右差の研究

閉眼時に頭皮上から誘導される脳波記録の最も明瞭な特徴は、8-12 HZ の高電位で周期的に現れてくる α 波である。この α 波は身体の動き、眼球運動、GSR などによって妨害されやすい低周波の δ 波や θ 波、交流や静電気、筋電位などによって妨害されやすいより高周波の β 波等と比べて信頼性が高いこと、目を閉じてリラックスしている状態では優勢だが β 波や θ 波と比べて精神活動によって変化がおきやすいこと (Doyle, Ornstein, & Galin, 1974; 柏原, 1977) から、しばしば脳の活動状態の指標として使われてきた。

課題負荷時 課題の種類によってこの α 波の抑制に左右差の生ずることを示す多くの研究がある (Doyle et al., 1974; Ehrlichman & Wiener, 1979; 1980; Ornstein, Herron, & Swencionis, 1979; Ornstein, Johnstone, Herron, & Swencionis, 1980)。Doyle, et al. (1974) は、書字、閉眼注視状態における文字の心内での組み立て、修正 Koh ブロックデザインテスト、修正ミネソタ紙型板テスト、連続計算、シーショア音感テスト等多数の課題遂行時の脳波を、頭頂部 (P_3, P_4) や側頭部 (T_3, T_4) と Cz の間から誘導して、 α 波の左右比 (右/左) を比較した。その結果、言語や計算課題において右/左比が有意に高かったがその中で、書字課題の場合右/左比=1.30 であり、空間課題では 1.15 となった。Ehrlichman & Wiener (1979) も統制連想テスト、単語配置テスト、無意味な三段論法テスト、語意テスト、立方体比較テストなどの課題を実施中に、左右の側頭一頭頂部 (T_3 と P_3, T_4 と P_4 の中点) と中心部 (Cz) から誘導し、積分した α 波に言語課題と空間課題の間で同様の差を見出ししている。

言語課題は典型的には左半球で処理されるけれども、しかし右半球も言語で何らかの役割を果たしているかもしれない。Ornstein, et al., (1979) は、物語と技術的な文章を読ませながら $P_3, 4$ や $C_3, 4$ と Cz の間で脳波を記録した。空間的なイメージを含んでいると考えら

れる物語の方が、技術的文章よりも右半球の中心領に関係しており、読みのある局面は右半球にかかわることを示した。次に Ornstein, et al. (1980) は非言語課題を中心に行った。刺激間で運動活動と刺激の特徴を同じにするように統制して、6個の空間課題と1個の言語課題を遂行中に頭頂部と中心部から脳波を導出した。空間課題は複雑な心内回転を必要とする課題を除けば、言語課題と比べて右半球の方が優位であった。課題間の脳波パターンに差がみられたが、このほとんどは右半球の機能の関与の程度によって説明された。部分—全体対応課題と比べて全体—全体対応課題では右半球関与が大きく、メンタル・ローテーション課題で左半球機能が優位であった。この結果を彼らは部分—全体課題とメンタル・ローテーション課題で分析方略が使用されたためであろうと考えた。

計算課題中は言語課題と同様に右よりも左半球の α 波が抑制されやすい (Butler & Glass, 1974) けれども, Earle (1985) によるとこの左右差に困難度が関係する。P₁, P₂ と P_z の間で脳波を誘導し、計算問題の難易度をやさしいものから中程度まで変えて提示したところ、困難度が増すにつれて α 波の非対称性の程度は減少した。Mckee, Humphrey, & McAdam (1973) は困難度の異なる3種類の言語課題と音楽鑑賞課題を課したところ、言語課題では困難度が大きくなる程左右差が大きくなった。

このように言語課題時には空間課題時と比べて α 波で右半球優位性を示すという結果は多いが、左右差を見い出せなかった結果もある。Gevins, Zeitlin, Doyle, Yingling, Schaffer, Callaway, & Yeager (1979) は多数の言語—論理課題を遂行時に、左右の前頭、中心、頭頂、後頭の各部位より脳波を誘導し、二段階多変量非線形パターン認識(two-stage, multivariate nonlinear pattern recognition) を用いて分析した。その結果課題の特徴は幾つか見い出されたものの、左右半球機能の非対称性とは関連せず、また手足の動き、刺激の特徴、そして遂行に関連した要因を統制した時、課題内の意味のある差は無くなったことから、異なった認知機能の側性化に関する証拠は脳波では見い出せなかったと結論づけている。

Davidson & Ehrlichman (1980) によると、この Gevins et al. (1979) のデータは彼ら自身の意図を十分には支持していない。そして彼らの指摘した問題は彼らの引用していない研究で真剣に検討されており、表面的な運動反応の不要な言語や非言語刺激への反応で意味のある相対的な半球賦活を報告している少なくとも9個の研究があるという。そして Ehrlichman & Wiener (1980) は、17個の表面的な反応を必要としない精神活動を行わせた結果から、純粋な心内活動では言語過程が視覚心象課題よりも側頭—頭頂脳波の非対称性により大きな影響を与えるという。そして外的な刺激や表面的な行動がなくても脳波の非対称性は側性化した認知過程を反映すると主張している。

閉眼安静時 安静状態における α 波の電位は左右対称 (Granville & Antonitis, 1955; Butler & Glass, 1974; Grabow, Aronson, Greene, & Offord, 1979; Rugg & Dichens,

1982) や、右半球優位性を示す形で現れてくる結果 (Morgan, McDonald, & Hilgard, 1974) が多い。この α 波の左右非対称性は被験者の片側偏好に関係づけられてき、Raney (1938) は言語や利き手の統制に対する左半球の特殊化の現れと解釈している。Cornil & Gastaut は左利きの被験者の場合右利きとは逆な結果を見出ししている (Butler & Glass, 1974)。しかし利き手と α 波の分布に関係を見い出せなかった例も多く (Lindsley, 1940; Provins & Cunliffe, 1972), 上述の関係は一般的なものとは言えない (Butler & Glass, 1974; Glanville & Antonitis, 1955; Provins & Cunliffe, 1972; Remond, Lesevre, Joseph Rieger, & Lairy, 1969)。またこの閉眼安静時 α 波の優位性に国民差があり、西欧人の女性は右半球優位であるが、日本人の場合同じ右利きでも左半球優位性を示す結果 (Moss, Davidson & Saron, 1985) もある。柏原 (1986)^b は日本人の右利きの男女を対象にこの点を問題にして主因子分析をおこなったところ、後頭部での α 波は右優位、左優位、それに対称的な3群に分かれ、個人差の大きいことがわかった。この閉眼安静時は中立的な状態と考えて、課題負荷時の比較に用いられることもあるが、安静状態といっても個人によって、状況によって異なり、多様な状態を示すのであろう。

3 左右差の実験的検討

α 波の左右差は反応を要しない心内活動の場合でも前述のように頭頂部や側頭部で見られるという報告が多い。これらの研究は1-3対で脳波を誘導しているが他の部位ではどうなのであろうか。 α 波は閉眼時に優位であるけれども、開眼時と同様の結果は閉眼時にもみられるのであろうか。言語課題は視覚的に提示された場合と聴覚的に提示された場合ではどうなのであろうか。Moss et al. (1985) は閉眼安静時 α 波の分布に日米差を示しているけれども、課題負荷時にはどうなのであろうか。本研究は α 活動の活発な閉眼状態で、表面的な反応の不要な言語及び非言語課題を課し、頭皮上の12部位より右利きの被験者を対象に誘導した脳波を補間法 (本間・沓沢・安井, 1982) を用いた推定値で図1に示すように等電位図を描かせ、これを76点に分けて代表値を算出し、この左右差がどのように現れてくるかを検討する。

方 法

「実験室」実験は電氣的にシールドされ空調された防音、暗室内で行った。実験室の通常の状態での騒音は、恒常的に 20 dB であったが、脳波計、脳等電位地図表示システム、それにモニター用ブラムン管等の装置を稼働させると、操作室の騒音は 55 dB となり、実験室の被験者の位置では 35 dB となった。暗室の照度は 0 lx であったが、背後の出入り口

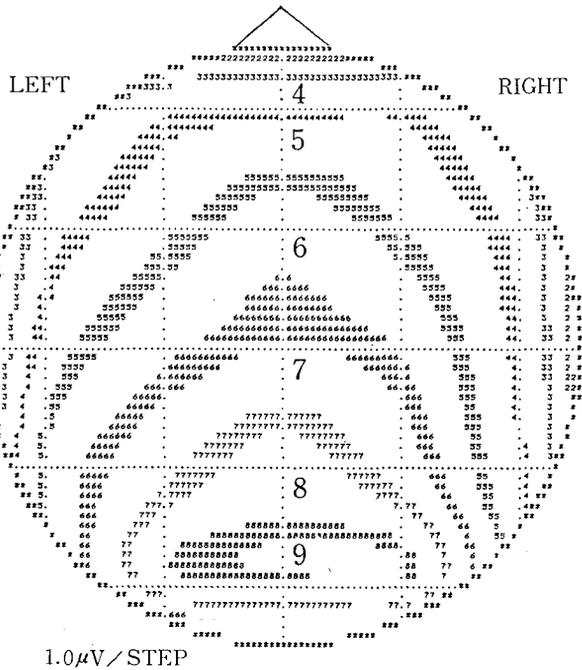


図1 α波(8-9.5 Hz)等電位図の例

アーのすりガラスから蛍光灯の透過光を入れて10 lxとした。「装置」12チャンネル脳波計およびシグナルプロセッサ(日本電気三栄, 7T08)を使用し, 脳等電位地図表示システム(日本電気三栄, No. 137E)を使用して on-line で実験を行った。なお脳波記録は, 時定数を0.3秒, 増幅感度を5mm/50μVとした。

課題 9 課題を実施した。課題は総て閉眼で行い, 実行中は四肢, 頭, 身体, 眼球などを出来るだけ動かさないように, しかし緊張しないように教示した。課題は筋電位などが混入したり, 他の課題に影響の及ぶことを少なくするために比較的易しい課題を使用した。

- (1) 早口言葉 早口言葉を4種類プリントして提示し, 実験者の希望を伝えて1つを選択させた(結果的には同じものが使用された)。口や舌を動かしたり緊張させないように, 頭の中で出来るだけ速く, 実験者の指示があるまでくりかえすように教示して閉眼させた。
- (2) 図形記憶 Vanderplas & Garvin (1959) より選んだ4個の12ポイントランダム図形を視覚的に記憶させ, 閉眼させてある時間後に20個の同種の図形の中から再認させた。(3) 語意の比較 「国王」と「大統領」の異なっている三つの点を考えさせ, 一定時間後に口頭で回答するように聴覚的に教示した(鈴木ビネー-知能検査より)。(4) 顔のイメージ化 ある顔写真を視覚的に提示し, 閉眼状態でもイメージに浮かべておけるように記憶することを教示

して閉眼させた。(5) 単語想起 ある上位概念を提示するので、その概念に含まれる名詞を出来るだけ多く想起すること、その場合口や舌を動かさないことを教示し、閉眼させて「動物」という概念を聴覚的に提示した。(6) メンタルローテーション 時計の文字盤をイメージに浮かべさせ、実験者の提示した時刻の時計の長針と短針を逆転した時、何時何分になるかをイメージに浮かべさせ、指示があったら答えるように教示して閉眼させ、時刻を聴覚的に提示した。(7) 乗法暗算 2桁かけ2桁の掛け算の問題を提示することを告げ、閉眼させて数秒後に問題を聴覚的に提示した。(8) 聴覚記憶 スピーカーから聞こえてくる内容の概略を覚えるぐらいの気持ちで聞くように教示して閉眼させ、京大NX知能検査 15-才用の日常記憶の文章をテープレコーダー (60 dB) を使用して提示した。(9) 音楽鑑賞 スピーカーより聞こえてくる音楽をよく聞くように教示して閉眼させ、交響曲 (60 dB) を聞かせた。

手続き 脳波は国際式10-20法に従い、安楽椅子にすわらせた被験者の頭皮上12ヶ所 (F_{p1} , F_{p2} , F_7 , F_8 , F_z , C_3 , C_4 , P_z , T_5 , T_6 , O_1 , O_2) に銀塩化銀の円形電極 (三栄測器) を装着し、同側の耳たぶとの間で単極誘導を行った。電極の接触抵抗は実験前に測定し、30 k Ω 以下に抑えるよう努めた。しかし抵抗のおちにくい数名の被験者に関しては 50 k Ω までのものも含まれている。この被験者の場合全体的に抵抗値の水準が高かった。電極装着後、課題は上記の順に与えた。(1) (3) (5) (6) (7) は眼を閉じ、課題を開始した約10秒後より、(8) は30秒後より、(9) は3分後より、(2) (4) は問題や写真をはりつけた用紙を被験者の必要な時間だけみせて閉眼させ、脳波の比較的安定した約5秒後よりサンプリングを開始した。電極を装着後の実験時間は、アーチファクトの混入その他のため個人差が大きいが、約30分程度であった。

被験者 “箸、鉛筆、ハサミ、ボール投げ” を右手で行ない、幼児期から右利きであると自己記述した18-23歳の大学生20名 (男女各10名) を対象にした (一課題だけ欠けている被験者が6名いた)。これらの被験者は、実験室的な実験には初めて参加する学生であったので、電極装着時に脳波の性質に関して概略を説明し、疑問点に答えて緊張を緩和させるように努めた。

脳波の分析 誘導した12チャンネルの脳波は、課題毎に脳等電位表示システム (日本電気三栄) によって2秒間ずつ5回連続してサンプリングし、脳等電位表示システムが $\alpha 1$ (8-9.5 Hz) と $\alpha 2$ (10-12.5 Hz) 別に出力する等電位図を76点に分け、対応部分を加算平均して分析の対象にした。眼球運動や筋電位などの混入しているデータについては、 δ 波や θ 波、あるいは β 波の等電位図にそれらの影響が現れていて、 α 波でもその対応する部分に電位の変化が見られれば、そのデータを除外した。なおこの基本となるデータは柏原 (未発表) と同一のものである。

結 果

各課題の等電位図における76点の平均、標準偏差、左右間の相関値を求めて、対応する部分の差の検定を行った。図2—12は左右の電位の平均の差を求めて、電位の大きい側に記入してある。星印は平均の差の有意水準を示している。

図2—6は言語課題であるが、平均値の左右差で優位性を示す側の分布をおおまかにみると頭皮上の全体にわたって右半球優位であった。部分的にみると前頭部、後頭部では右半球優位であったが、しかし側頭部は言語課題であるにもかかわらず、いずれの課題においても左半球優位性を示している。言語課題では統計的に有意差のみられる部分に課題によって程度に違いがあり、語意の比較、単語想起、計算の各課題では前頭部で幾つかの部位に差がみられたものの、早口言葉と聴覚記憶では少なかった。

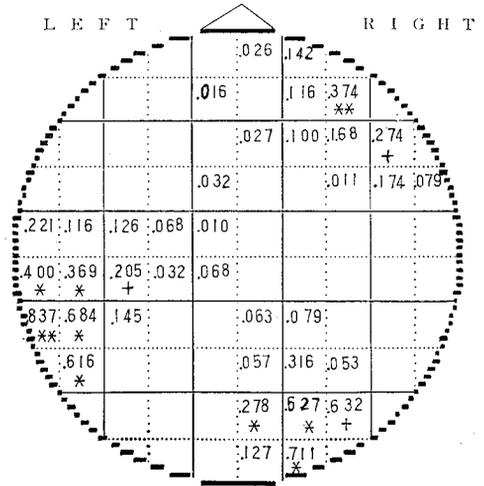


図2 早口言葉 数値は左右の電位(μV)の平均の差を示し、数値の大きい側に記入してある。記号は有意水準を示す(****0.1%, ***1%, **5%, +10%)

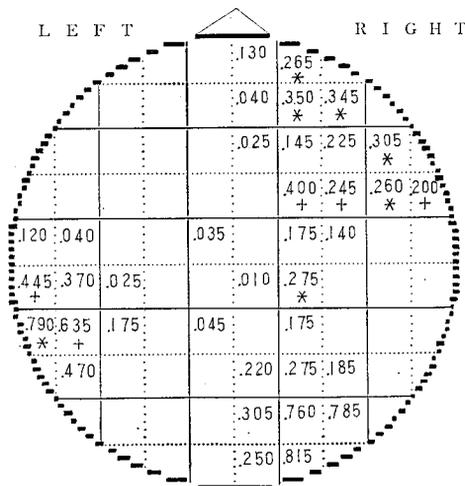


図3 語意の比較

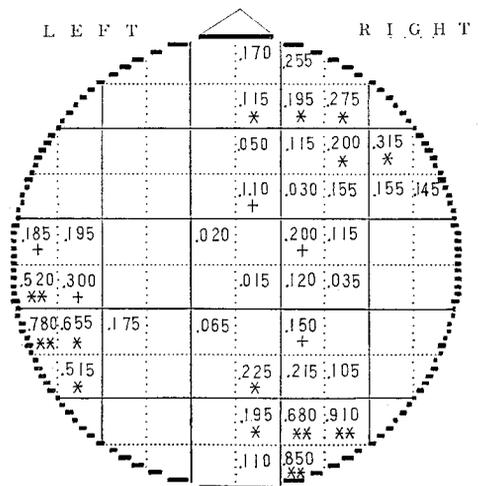


図4 単語想起

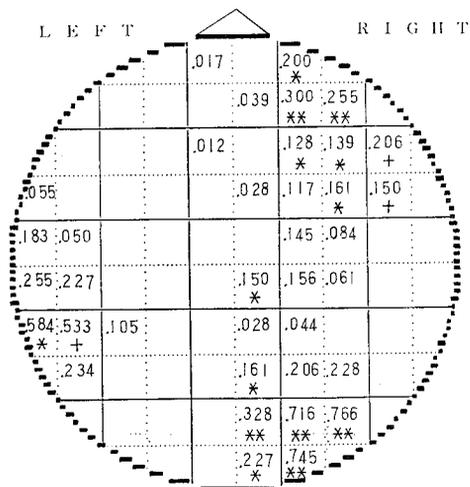


図5 暗算

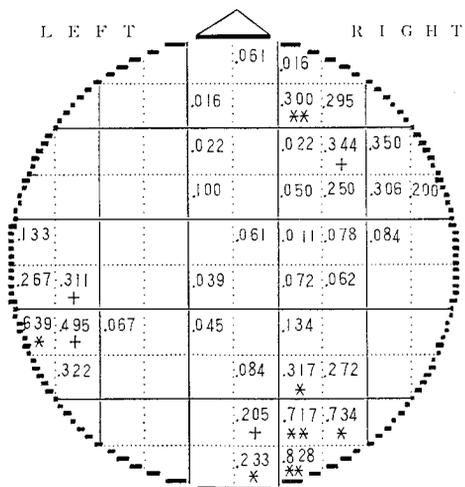


図6 聴覚記憶

非言語課題の図7-10を言語課題の図2-6と比べると左半球の優位性が目立つ。前頭部と後頭部では右半球優位であり側頭部では左半球優位な基本的なパターンは言語課題と同じであるが、側頭部と中心部の左半球優位性の程度に違いがあり、側頭部では統計的に有意な差がみられる部分が多かった。

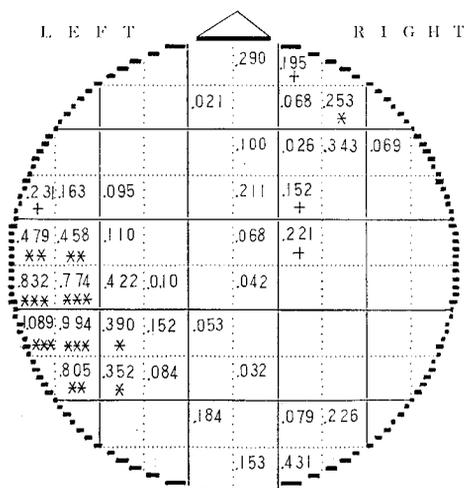


図7 図形記憶

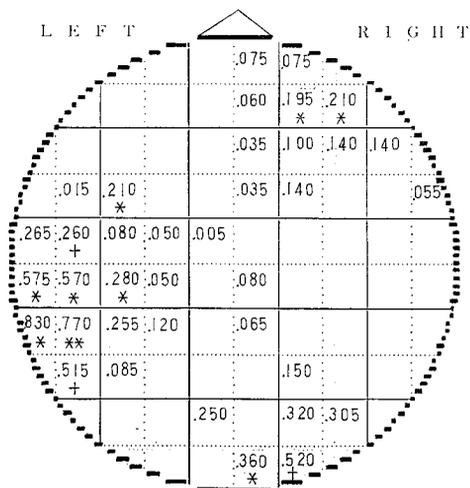


図8 顔のイメージ化

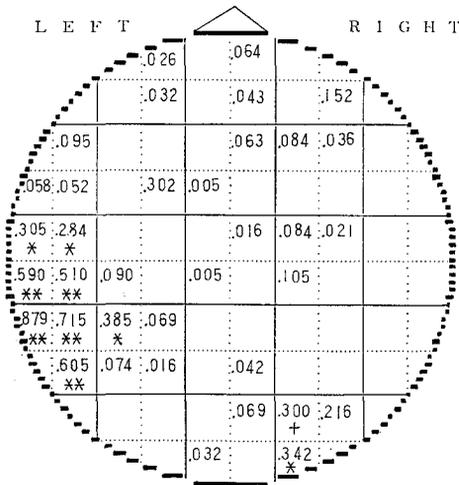


図9 メンタル・ローテーション

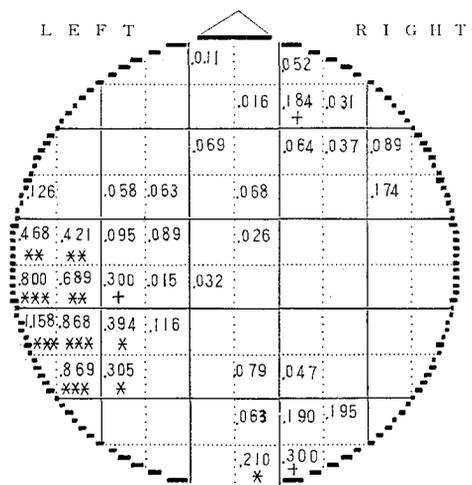


図10 音楽鑑賞

閉眼安静時は非言語課題時と似たパターンを示し、左側頭部の優位性が明瞭であり、前頭部に右優位性が見られている。後頭部は実験前後で異なり、実験後には右半球優位な差がみられたが、実験前にはみられなかった。

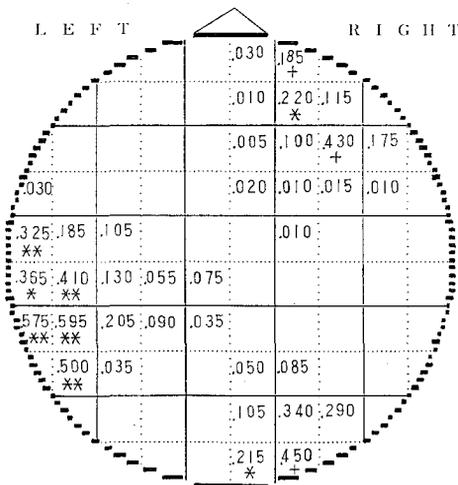


図11 閉眼安静時 (実験前)

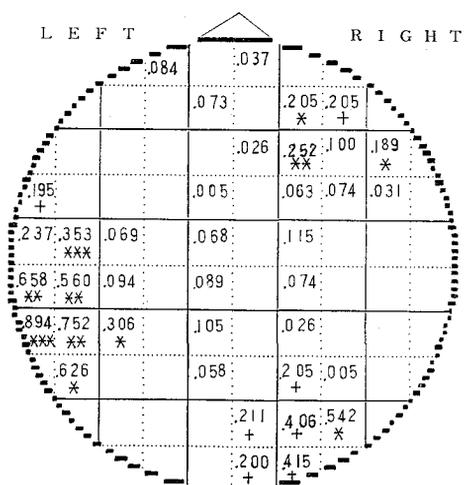


図12 閉眼安静時 (実験後)

考 察

まず言語課題をみると、前頭部、前側頭部、後頭部でα波の右半球優位な有意差が見られている（以後優位性はα波の優位性を示し、半球機能の優位性ではない）。左右差は従来後半部で問題にされることが多かったが、前半部にもみられることがわかった。非言語課題の

場合、図形記憶で後側頭部、顔のイメージ化で中心部と後側頭部に左半球優位な結果がみられている。これは、頭頂部において、言語課題と比べて視空間課題の方が右半球優位であった Ornstein, et al. (1980) の結果や、瞬間提示された図形や顔の認知課題で右半球優位性を見い出している Geffen, Bradshaw, & Wallace (1971) による行動的な研究の結果と一致する。しかし一方言語課題時に後側頭部で左半球優位性がみられており、また非言語課題で前頭部と後頭部において右半球優位性を示した。

前頭部では全体的に右半球優位であった。この部位の電位は小さいので、その差にそれほど大きな意味はないかもしれないが、しかしもともと α 波の電位が小さい領域なのでその差の意味は逆に大きいことも考えられる。この部位は眼球運動の影響を受け易く、その眼球運動は左よりも右へ動く場合が多い(柏原, 1982)。Bakan (1971) は、精神活動によって片方の半球が賦活されると反対側方向への眼球運動が生じるといい、Gevins, et al, (1979) は、逆に眼球運動が α 波の左右へ与える影響について述べているけれども、ここでは後者がより問題となる。眼球運動は前頭部の脳波に影響を与えやすいが、前述のように本研究では α 波の等電位図でも前頭部に大きな電位変化があればデータに加えなかった。しかし閉眼中には注視等によって眼球運動の統制をすることが出来ないので、眼球の向きに片寄りがあるかもしれない。これは交流増幅機で増幅した場合には判別できない。一方この差は安静時にも前頭部で右半球優位なたちの差がみられていることから、実験状況であることが関係しているのかもしれない。ルリヤ (1978) によると、前頭部は記憶や思考など高度な働きをになっているが、この部分に損傷があると、意図的な注意や長期にわたる努力の集中などが不完全となる。この前頭部の右半球優位性は、言語的に与えられた実験の全体にわたる一般的の指示に対して前頭葉が機能する場合、右半球よりも左半球がより重要な役割を果すことを示しているのかもしれない。この部分の差は顔の記憶や図形記憶と比べて単語想起や語意比較では大きかった。Milner (1964) は言語的な対連合学習と語の流暢性の検査を右あるいは左の前頭葉切除を行った被験者に実施したところ、対連合学習では差がなかったが語の流暢性に差がみられ、右よりも左の切除を行った患者で成績が悪かった。前頭葉の基本的な機能として以前に獲得した反応パターンを抑えて新しい反応パターンを作りあげる創造的な機能があるけれども、単語想起にはこの機能が要求される。語意の比較や暗算課題の場合にも、単なる単語の定義や九九の復唱とは異なるためにこのような結果が得られたのではないかと思われる。

後頭部は前頭部とはほぼ同様にほとんどの課題で右半球優位であり、その差は非言語課題よりも言語課題の方が大きかった。この結果は Morgan, Macdonald, & Hilgard (1974) と同様の結果である。言語課題はいずれの課題でもほぼ同様の左右差を示したが、前頭部で差のみられた語意比較では幾分少なく、前頭部で差の少なかった聴覚記憶には差がみられてい

る。

Doyle et al. (1974) の場合、非言語課題でも頭頂部や側頭部において右/左比は1より大きかった。しかし図2—12を見る他の部位と比べて左右間の相関値が低かったことから個人差が大きいことがうかがえるものの、後頭側頭部の左半球優位性は非言語課題のみならず言語課題でもみられている。Moss, et al. (1985) によると、前述のように閉眼安静時の西欧人の女性と米国在住の日本人の女性の間には α 波の半球差がみられ、西欧人は頭頂部で右半球優位であったのに対して、日本人は左半球優位であった。彼らは考えられる一つの原因として、漢字使用習慣の影響をあげている。柏原(1986)^bは日本人の男女を対象にこの点を問題にし、特に課題遂行前の安静時に後側頭部で、 α ラテラリティー比得点の左半球優位性を見出したものの統計的な有意差までには至らなかった。しかし本稿の図11と12には差がみられ、左半球優位である。この違いは個人差の大きいこと、あるいは(被験者は異なるけれども)再検査信頼性の低いことの可能性を推測させはするものの、日本人の場合 α 波の分布において西欧人とは異なった出現の基本的パターンを示す可能性もある。

一方この結果には被験者に共通な外的要因が働いたことが考えられ、聴覚野に近い後側頭部なので、騒音との関係が考えられる。実験室と外部とは聴覚的に遮断されていたが、操作室の機械のモーター音などが被験者には恒常的にきこえていた。自動車のスタート音のような環境音は右半球で認知されやすいので(Curry, 1967)、騒音は α 波における左半球優位性の原因であるのかもしれない。もしそうであるなら、この影響は他の部位にも積極的、あるいは消極的な形で影響を与えている可能性もある。前頭部の右半球優位性は、騒音が思考を妨害するために意志的により多くの注意が払われて、左半球が賦活され、右半球が抑制されたためかもしれない。両耳分離聴法など行動的な研究では干渉効果を利用して左右差を拡大しているけれども、もしこのような干渉効果があるとすれば、これは脳波においても有用な研究手段となる可能性がある。しかしソコロフ(1973)によると、聴覚刺激に対する α 波ブロッキングには順応が生じやすい。被験者の入室時より恒常的に聴こえていたこの種の雑音が、いつまでも影響を与え続けることはないのではないかと考えられるが、しかし電位の減弱はあるのかもしれない。このような騒音は、ある程度減衰させることは出来ても、実験室を構部的に変えないかぎり聞こえなくすることは困難であるけれども、しかしより集中力を必要とする課題や聴覚的な言語課題と比較することはできる。図5、6の計算課題や聴覚記憶課題をみても、早口課題や単語想起と比べて左半球優位の程度は小さくなっているものの聴覚記憶にもその傾向は残っている。

α 波に影響を与えうる要因はこの他にも数多くあるので日本人を対象としたサンプル数の多い他の研究者の結果をまつ必要がある。

4 多変量解析による等電位図のパターン分類

図2-12をみると、課題によって程度に違いはあるものの全体的に前頭部と後頭部では右半球優位、側頭部では左半球優位となっている。これには負荷された課題とは無関係に騒音の影響或いは基本的な脳波のパターンに左右差があるのかもしれない。脳波の基本的パターンに影響を与える可能性のあるより操作的な問題として、頭皮上の全体に電極を装着すれば、2-3対の装着の場合と比べて全体的な布置がわかりやすいために電極の位置のくるとは少ないであろうが、しかし頭の大小や形は色々であり、慎重を期しても装着部位にずれの生じることがある。また電極を多くの部位につける労力は大きく、接触抵抗値を揃えることはやさしくはない。しかしこれらの要因は実験中を通じて比較的恒常的にパワーに影響を与えていることが考えられる。柏原(1977)は多様な課題負荷時のパワースペクトラムの分類に多変量解析を試みたけれども、このような場合因子分析を行えば、恒常的な要因は相関係数を算出する段階で吸収されて、共通でない部分を問題にすることができる。そして言語課題や非言語課題の課題差、それに部位の前後差や左右差の前提を設けずに α 波分布の頭皮上の全体的なパターンに表れる課題の特徴を分類することが出来る。またもし課題が幾つかの因子にまとめれば、因子負荷量の比較によって課題の特徴を相互に比較でき、またこの因子得点を求めることによって因子を頭皮上の脳波の誘導部位に対応させることが出来る利点もある。

α 波の多発する部位には個人差があり、ある程度の変動はあるが後頭部型と頭頂部型に大別出来る(柏原, 1986)。このように基本的なパターンに個人差がみられる場合に課題差をみるには、個人内で比較することが考えられる。この場合電極の位置、抵抗値などの変動見因を固定する利点がある。しかし反面、基本的パターンに違いがあれば個人のデータでは一般性が少なくなる。そこで本稿では、分散の情報が捨てられることになるけれども、同じ課題を受けた比較的多数の個人の平均値を分析の対象とした。

仮説 多種類の言語的・非言語的課題を遂行中に頭皮上の各部位から誘導した脳波の α 波のパワーを求めて、課題を変数に、部位毎の電位をサンプルに因子分析を行えば、言語及ば非言語に関する因子が見い出されるであろう。この因子への因子得点を求めて頭皮上の部位に対応させれば、言語因子の場合には α 波の右半球優位な左右差が、非言語因子の場合には言語課題とは異なった方向で左右差が見られるであろう。

方法と結果

前述の言語5課題と非言語4課題、それに実験前後の閉眼安静時を変数とし、等電位図の76点をサンプルとして、相関行列の対角成分を1として主因子分析を行い、バリマックス回

表1 等電位図の主因子分析

課 題	因 子	
	1	2
早 口 言 葉	0.682	0.728
語 意 の 比 較	0.647	0.760
単 語 想 起	0.658	0.751
計 算	0.608	0.790
聴 覚 記 憶	0.659	0.747
図 形 記 憶	0.738	0.665
顔のイメージ化	0.747	0.660
メンタル・ローテーション	0.730	0.673
音 楽 鑑 賞	0.793	0.697
閉眼安静(実験前)	0.764	0.639
閉眼安静(実験後)	0.748	0.658
寄 与 率 (%)	50.2	49.0

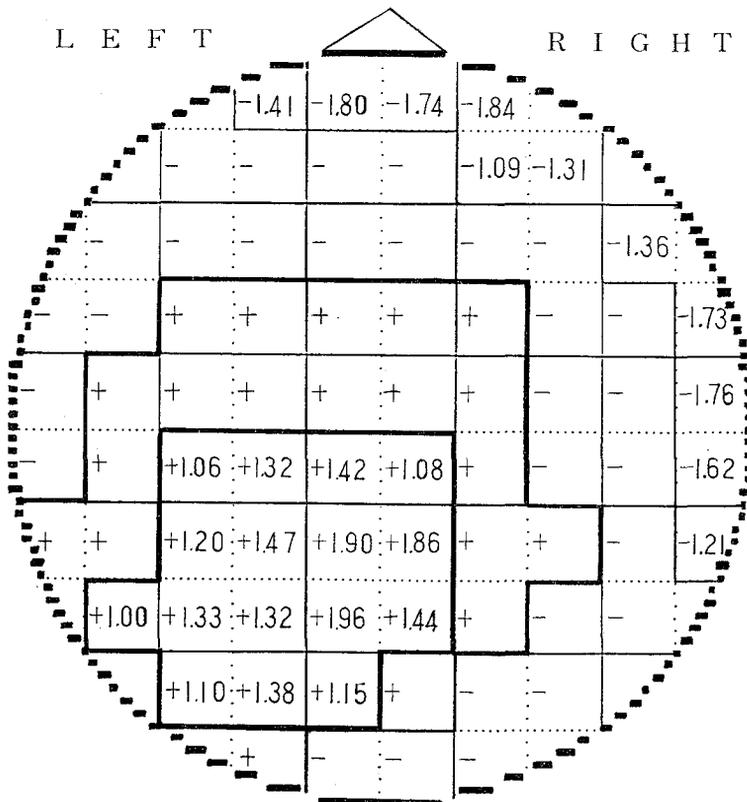


図13 第1因子への因子得点(±1以内の数値は記号のみ)

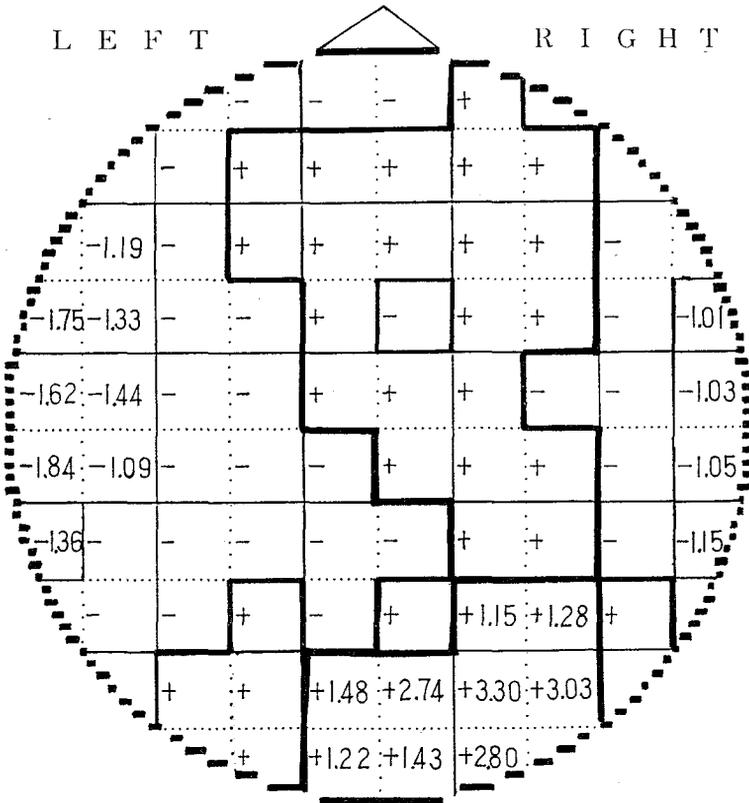


図14 第2因子への因子得点

転を行い、そして因子得点を求めた。各々の数値は20人の平均値であるが、課題(1)(4)(5)(7)(8)(9)ではアーチファクトの混入したデータを除いた19名の平均値を用いている。課題毎にみても、因子間で負荷量に大きな差のあるものはなかったが、言語課題は第2因子の方が第1因子への負荷量よりも多かった。この傾向は計算課題で最も大きく、早口言葉で最も少なかった。非言語課題は顔のイメージ化を除けば言語課題とは逆な傾向がみられ、第2よりも第1因子への負荷量が多く、音楽鑑賞課題で最も特徴的であった。閉眼安静時は第1因子への負荷量が多かったが、実験後よりも実験前にその傾向が顕著であった。

図13, 14は因子得点を因子別に頭皮上の誘導部位へ対応させたものである。第1因子の場合には左後頭部から中心部にかけて高く、周辺部、特に右前頭部で低かった。第2因子は右後頭部で高く左前頭部で低かった。

考 察

二つの因子が見い出され、各々の因子への寄与率は50.2%と49.1%ではほぼ等しかった。し

かし因子間での課題の分離はそれほど明瞭でなく、どの課題も両方の因子へ高い負荷量を示した。この原因として、課題差の α 波に与える影響は α 波活動の全体からみればそれほど大きくないこと、 α 波の大きく変動する部位が限られていること、実施された課題が特定の半球だけに関係するものではなかったり、実験状況が左右の半球の特徴を十分引出せなかったこと、また分散を考慮しないで20人の平均値のみを分析の対象にしたけれども個人差が大きかったこと等が考えられる。しかし言語5課題は第2因子にまとも、非言語4課題と安静時は第1因子にままとまっていることから、言語的及び非言語的な課題の特徴は頭皮上の全体からみた脳波に反映されているとみてよからう。

言語課題の中では計算課題の負荷量が最も大きく、続いて単語想起、語意の比較、それに聴覚記憶と続き、早口言葉は比較的lowであった。Earle (1985)によると計算課題の場合左右差は困難度と関係し、難しい課題では左右差が少ないという。本実験では、次の実験課題へ消極的な影響を与えないように比較的易しい課題が使用され、そして結果もほとんどの被験者が正解であった。計算課題は正答が一つしかなくて正誤が明瞭なために動機づけられ易いこと、問題解決の焦点が定めやすいので精神を集中し易く、課題が難しすぎなければ被験者にとって取り組み易い課題であるために課題解決過程の特徴が脳波に反映しやすかったこと、などがその原因ではないかと思われる。聴覚記憶課題は言語課題では唯一の聴覚刺激課題であり、刺激提示中に脳波のサンプリングが行われたにもかかわらず、他の言語課題とまとも、比較的負荷量が多かった。早口言葉は言語課題の中では負荷量が最も少なかった。ガザニガ & レドゥー (1980)によると、半球分割患者の行動的研究の結果で最も明瞭な左右差は発声に係るものであったけれども、本実験の結果は言語課題で最も負荷量が少なかった。言葉はしゃべれなくても歌は歌える失語症の症例が18世紀より時々報告されており (Springer & Deuth, 1981)、常同的なこのようなメンタルリハーサルには言語的な機能はあまり関与しないのかもしれない。

非言語的課題で最も大きな負荷量を示したのは音楽課題であった。これは Mckee, et al. (1973)が音楽鑑賞時に言語課題とは異なった結果を見出ししている結果と符合する。次に負荷量の多かったのは顔のイメージ化課題であり、図形課題が続いた。この結果は Ornstein et al. (1980)の顔の記憶や図形課題と同じ方向の結果である。Ornstein et al. (1980)は、メンタルローテーション課題の場合、他の非言語課題と異なり、言語分析課題と同様な結果を見出し出していて、本実験の結果とは異なる。彼らは Shepard のメンタルローテーション課題を修正して使用しているが、彼らはこの結果を課題が複雑になると空間課題でも左半球が関係してくるためであると考える。

実験前後の閉眼安静時 α 波は非言語課題の属する第1因子へ大きな負荷量を示したが、実験前の方が負荷量は多かった。前述のように Curry (1967)によると自動車のスタート音な

とは両耳分離聴法で右耳優位を示すけれども、実験室では機械のモーター音などが聞こえていた。この安静時での結果は、馴れの比較的少ない実験前に負荷量が高かったことから、騒音が影響を及ぼして、非言語課題と同様の結果になったのかもしれない。しかし柏原(1977)の場合にも閉眼安静時は非言語課題と同じ因子に高い負荷量を示していることから、閉眼安静時が第3の因子となる可能性はすくないであろう。

因子得点の分布をみると図13, 14のようになった。第2因子からみてゆくと後頭部で右半球優位性が大きく、右前頭部と前頭中心部でプラスとなった。この結果は基本的な脳波のパターンを除いて課題間で変化する部位差を示していることになる。しかしこの因子得点の高低はあくまでも α 波に関係する得点であり、数値がそのまま機能の部位差を示しているのではない。 α 波出現の多少に部位差が大きい点がこの分析を行う上での問題点であるが、(このためには標準得点に変換して分析することも考えられる)この数値も左右間では比較的等しい。そこで左右の対応部位での因子得点を比較してみると、どの部位でも左よりも右の因子得点が高い。 α 波を抑制の指標と考えれば、図14は言語課題の場合左半球の機能的優位性を反映して α 波の右半球優位性を示した結果であると考えることが出来よう。第1因子への因子得点をみると左後頭部で大きく、左側頭、中心部から頭頂部にかけてプラスとなり、その周辺部がマイナスとなった。そして左前頭部で大きなマイナス値を示しているが、全体としてみると、第2因子と比べて左右差は少なかった。これは Doyle, et al. (1974) その他で言語課題ほど空間課題では左右差が明瞭でなかった結果と符合する。

5 まとめと展望

本研究では言語機能・非言語機能と左・右半球の関係が脳波にどのように現れてくるかをみるために閉眼状態で、反応の不要な言語及び非言語課題を提示し、頭皮上の12部位より脳波を誘導して等電位図を求め、その左右差を課題毎に求めた。その結果程度に課題による違いはあるが前頭部と後頭部では右半球優位であり、後側頭部では左半球優位であった。そこで共通に変化する成分を吸収して課題差をみるために主因子分析を行ったところ、言語と非言語課題は別の因子にまとまり、言語課題どうし、非言語課題どうしは比較的よく似た α 波の分布パターンを示すことがわかった。因子得点を頭皮上の対応部分に記入した図13, 14をみると、非言語課題の負荷の方が大きかった第1因子は左後側頭部から頭頂部にかけて高い因子得点を示し、言語課題の負荷の高かった第2因子の因子得点の高い位置は右半球後頭部であり、左右の対応部分を比べると右半球が高かった。この結果から言語課題の処理時には左半球よりも右半球が抑制され、非言語課題時は左半球の後側頭部から頭頂にかけて抑制されるのではないかと思われる。

本稿では右利き群の平均値を分析の対象にしているが、左利き群との関係を見る必要がある。この方法は個人のデータに適用することを念頭においており、情報処理の個人差に影響を与えらる半球度 (Bogen, De Zure, Tenhouten, & Marsh, 1972) の測定に向けてある示唆を与えている。しかし半球度の推定を目的として個人に適用する場合には、実験に対する態度 (不安等) や課題の困難度など、課題への取り組み方による影響の大きいことが予想される。従ってこの場合、より言語的な、あるいはより非言語的な課題を因子負荷量から評価し、選択するための手段として、知能検査や性格検査尺度作製の手法を取り入れ、多数の課題を実施し項目分析を行って信頼性の高い課題を選択する必要がある。この場合本研究では課題間の相関値が高いので、相互相関値が低くて因子への負荷量の高い課題を選ぶことが課題選択の基準となろう。

また言語—非言語という二分法は損傷、分割、健常者での全てを解釈するには単純すぎるとして、刺激材料に近いこの二分法からはなれて情報処理様式よりの分析—全体的、それに系列的一同時的という区分がなされることもある。その他 Bogen (1969) は 13 種類、原 (1981) は三十数種類の二分法をあげている。これらのラベルはデータによって明らかにされている事実を超えているものが多いけれども、この区分に特徴的な課題を組みこんで上述の方法で検討することも考えられる。

伊藤 (1974) は脳損傷患者の損傷部位と知能因子との関連を検討し、知能検査の因子分析によって抽出された因子の根拠を脳に求めようとしている。 α 波活動は閉眼時に活発なために提示する議題に何らかの工夫を必要とするが、この方法を用いれば健常者でも知能の因子と頭皮上の位置をある程度対応させることが出来る余地があるかもしれない。また分割脳で著名な Bogen によると、現代の教育は言語能力の獲得と分析的思考の発達のみを強調して、重要な非言語能力の発達を無視している。これは脳の片側を餓死させる結果を招き、その脳がおっていると考えられる全人格性とでもいうべきものへの寄与を無視することになる (Springer & Deutsch, 1981) と言っている。半球の相違に関する研究は教育のためにも重要な意味を持つと考えられる。本実験で採用された課題は比較的統制がゆるく日常的なものであり、この方法は「教育の科学化」に向けて教材の分析や、思考過程の分析にも利用出来るのではないかと考えられる。

文 献

- Andersen, P. & Andersson, S. A. 1968 Physiological basis of the alpha rhythm. Appleton-Century-Crofts.
Bakan, P. 1971 The eyes have it. Psychological today, 4, 64-69.
Bogen, J. E. 1969 The other side of the brain II: an appositional mind. Bulletin of the

- Los Angeles Neurologoccal Societies. 34, 135-162.
- Bogen, J. E., Dezure, R., Tenhouten, W. D., & Marsh, J. F. 1972 The other side of the brain IV. The A/P ratio. Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies 37, 49-61.
- Butler, S. R. & Glass, A. 1974 Asymmetries in the electroencephalogram associated with cerebral dominance. Electroencephalography and clinical neurophysiology, 36, 481-491.
- Curry, F. K. W. 1967 A comparison of left-handed and right-handed subjects on verbal non-verbal dichotic listening tasks. Cortex, 3, 343-352.
- Davidson, R. J. & Ehrlichman, H. 1980 Lateralized cognitive processes and the electroencephalogram. Science, 207, 1005-1006.
- Doyle, J. C., Ornstein, R., & Galin, D. 1974 Lateral specialization of cognitive mode: II. EEG frequency analysis. Psychophysiology, 11, 567-578.
- Earle, J. B. B. 1985 The effects of arithmetic task difficulty and performance level on EEG alpha asymmetry. Neuropsychologia, 23, 233-242.
- Ehrlichman, H. G. & Wiener, M. S. 1979 Consistency of task-related EEG asymmetries. Psychophysiology, 16, 247-252.
- Ehrlichman, H. & Wiener, M. S. 1980 EEG asymmetry during covert mental activity. Psychophysiology, 17, 228-235.
- ガザニガ&レドウ 柏原恵龍他(訳) 1980 二つの脳と一つの心 ミネルヴァ書房 (Gazzaniga, M. S. & Le Doux, J. E. 1978 The integrated brain. Plenum Press.)
- Geffen, G., Bradshaw, J. L., & Wallace, G. 1971 Interhemispheric effects on reaction time to verbal and nonverbal visual stimuli. Journal of experimental psychology, 87, 415-422.
- Gevins, A. S., Zeitlin, G. M., Doyle, C. D., Yingling, C. D., Schaffer, R. E., Callaway, E., & Yeager, G. L. 1979 Electroencephalogram correlates of higher cortical functions. Science, 203, 665-668.
- Grabow, J. D., Aronson, A. E., Greene, K. L., & Offord, K. P. 1979 Comparison of EEG activity in the left and right cerebral hemispheres by power-spectrum analysis during language and non-language tasks. Electroencephalography and clinical neurophysiology. 47, 460-472.
- 原 一雄 1981 大脳両半球の統合 八木冕(監修) 平野俊二(編) 行動の生物学的基礎 現代基礎心理学 第12巻 東京大学出版会
- Granville, A. D. & Antonitis, J. J. 1955 The relationship between occipital alpha activity and laterality. Journal of experimental psychology, 49, 294-299.
- 本間三郎・香沢尚之・安井信之 1982 生体等電位図 一基礎と現況一 にゅーろん社
- 伊藤隆二 1974 知能病理学研究 風間書房
- 柏原恵龍 1977 思考活動における脳波の変化 一因子分析による Power Spectrum のパターン分類と Laterality一. 大阪大学人間科学部紀要 3, 163-179.
- 柏原恵龍 1982 Lateral eye movement の検討 日本教育心理学会24回総会発表論文集 104-105.
- 柏原恵龍 1983 Lateralization の測定の試み 日本教育心理学会25回総会発表論文集 674-675.
- 柏原恵龍 1986 文字と図形の同時二重弁別反応時間における視野効果 教育心理学研究 34, 79-83.
- 柏原恵龍 1986 閉眼安静時におけるアルファ波の左右差の検討 脳波と筋電図 14, 287-293.
- 柏原恵龍 (未発表) 言語及び非言語情報処理時におけるアルファ波分布のパターン分類
- Lindsley, O. B. 1940 Bilateral differences in brain potential from the two cerebral hemispheres in relation to laterality and stuttering. Journal of experimental psychology. 26, 211-225.
- Luria, A. P. 塚崎秀夫・鹿島晴雄(訳) 1979 神経心理学の基礎 脳のはたらき 医学書院
- McKee, G., Humphrey, B., & McAdam, D. W. 1973 Scalp lateralization of alpha activity during linguistic and musical tasks. Psychophysiology, 10, 441-443.
- Milner, B. 1964 Some effects of frontal lobectomy in man. In Warren, J. M. & Akert, K. (eds.) Frontal granular cortex and behavior. New York: McGraw Hill.
- Morgan, H. M., Macdonald, H., & Hilgard, E. R. 1974 EEG alpha: Lateral asymmetry related to task, and hypnotizability. Psychophysiology, 11, 275-282.
- Moss, E. M., Davidson, R. J., & Saron, C. 1985 Cross-cultural differences in hemisphericity;

- EEG asymmetry discriminates between Japanese and westerners. *Neuropsychologia*, 23, 131-135.
- Ornstein, R., Herron, J., Johnstone, J., & Swencionis, C. 1979 Differential right hemisphere involvement in two reading tasks. *Psychophysiology*, 16, 398-401.
- Ornstein, R., Johnstone, J., Herron, J., & Swencionis, C. 1980 Differential right hemisphere engagement in visuospatial tasks. *Neuropsychologia*, 18, 49-64.
- Raney E. T. 1939 Brain potentials and lateral dominance in identical twins. *Journal of experimental psychology*, 24, 21-39
- Remond, A., Lesevre, N., Joseph, J. P., Rieger, H., & Lairy, G. C. 1969 The alpha average. I. Methodology and description. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 26, 245-265.
- Provins, K. A. & Cunliffe, P. 1972 The relationship between EEG activity and handedness. *Cortex*, 8, 136-146.
- ルブラン & ザングウィル 柏原恵龍・水谷宗行(訳) 1986 子供の脳—言語機能の左右差— ミネルヴァ書房 (Lebrun, Y. & Zangwill, O. 1981 Lateralization of language in the child. Swets & Zeitlinger)
- Rugg, M. D. & Dickens, A. M. J. 1982 Dissociation of alpha and theta activity as a function of verbal and visuospatial tasks. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 53, 201-207.
- ソコロフ E. N. 1973 金子隆芳・鈴木宏哉(訳) 知覚と条件反射—知覚の反射的基礎— 世界書院
- Springer, S. P. & Deutsch, G. 1981 Left brain, right brain. Sally Springer & Georg.
- Vanderplas, J. M. & Garvin, E. A. 1959 The association value of random shapes. *Journal of experimental psychology*, 57, 147-154.

謝辞 本稿の実験を行うにあたり、京都教育大学の一谷彊教授に色々とお世話になった。また京都教育大学心理学教室の先生方に暖かい御配慮を受けた。そして被験者の方々には長時間にわたる実験にもかかわらず快く協力していただいた。ここに記して敬意と感謝の意を表します。

INVESTIGATION OF RIGHT-LEFT EEG ASYMMETRY DURING VERBAL AND NONVERBAL INFORMATION PROCESSING.

Eryu KASHIHARA

The purpose of the present investigation is to examine the pattern of alpha wave distribution during mental working. EEGs were recorded in 20 normal right-handed subjects from 12 positions of the scalp (10-20 system) during performance of verbal tasks (definition of nouns, tongue twisting, remembrance of words, mental arithmetic, memory of speech) and non-verbal tasks (memorization of shapes, imagination of a face, mental rotation, appreciation of music), and the power of alpha waves was determined. On the basis of the power, equipotential topography of alpha wave was described, and amplitude of 76 points were compared between right and left. At the frontal and occipital regions, the right hemisphere dominance was more distinctly demonstrated during verbal tasks than non-verbal tasks. At the occipito-temporal region, the left hemisphere dominance was distinctly demonstrated during non-verbal tasks than verbal tasks. However, alpha waves at the left occipito-temporal region during verbal tasks were more dominant than that at the right.

Principal factor analysis was performed for variables of tasks and samples of electrode positions (mean amplitude of 20 right handed subjects). Two factors were derived. Four kinds of non-verbal tasks showed high loading scores on the first factor, and 5 kinds of verbal tasks showed high loading scores on the second factor. The highest factor loading task belong to the first factor was appreciation of music, and that belong to the second factor was arithmetic. The factor scores of the first factor were high at the parietal and left occipital regions, and those of the second factor at the right occipital region.